



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA  
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



# **Efeitos da Actividade Física e do Nível de Maturação no Desenvolvimento Ósseo**

Dissertação elaborada com vista a obtenção ao Grau de Mestre na Especialidade de  
Exercício e Saúde

Orientadora: Professora Doutora Maria de Fátima Marcelino Baptista

Júri:

Presidente:

Professora Doutora Maria de Fátima Marcelino Baptista

Vogais:

Professora Doutora Maria Filomena Soares Vieira

Professora Doutora Paula Marta Pereira Bruno

**CARLOS AUGUSTO ZIMMERMANN**

**2011**

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, Professora Doutora Maria de Fátima Marcelina Baptista, pela orientação, apoio e por estar sempre disponível nos momentos em que precisei.

À minha família, que mesmo distante, sempre estiveram comigo me apoiando. A minha esposa Débora pela compreensão da minha ausência, paciência e ajuda incondicional em todas as etapas percorridas.

Enfim a todos que participaram directa ou indirectamente na realização desse trabalho e acima de tudo por terem acreditado em mim durante todo meu percurso académico.

## Índice

AGRADECIMENTOS .....	II
ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS .....	V
LISTA DE ABREVIATURAS .....	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT .....	VIII
CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA .....	2
1.1. Introdução .....	2
1.2. Definição do Problema.....	3
1.3. Âmbito do Estudo.....	3
1.4. Pressupostos .....	4
1.5. Limitações.....	4
1.6. Pertinência do Estudo.....	5
1.7. Definições Operacionais .....	5
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. Ultra-Som Quantitativo.....	8
2.2. Saúde óssea avaliada pelo USQ e actividade física.....	9
2.3. Maturação sexual e saúde óssea .....	11
CAPÍTULO III – METODOLOGIA.....	17
3.1. Amostra.....	17
3.2. Idade Óssea .....	17
3.3. Maturação Sexual.....	18
3.4. Medidas Lineares e Composição Corporal .....	19
3.5. Actividade Física .....	19
3.6. Ingestão Calórica e Cálcio .....	20
3.7. Velocidade do Som .....	20
3.8. Análise Estatística.....	21
CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	23
4.1 Introdução .....	23
4.2 Caracterização da Amostra.....	23
4.3 Modificações do som de acordo com o nível de actividade física e maturação sexual .....	27

CAPÍTULO V – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	32
CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES .....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37

## ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização da amostra: idade, composição corporal, diâmetro ósseo, ultra-som, dieta e actividade física - Raparigas.....	25
<b>Tabela 2.</b> Caracterização da amostra: idade, composição corporal, diâmetro ósseo, ultra-som, dieta e actividade física – Rapazes.....	26
<b>Figura 1.</b> Taxa de modificação da velocidade de condução do som na tíbia e no rádio de raparigas (A) e rapazes (B), ao longo de 12 meses, de acordo com o estado de maturação sexual.....	28
<b>Figura 2.</b> Modificação da velocidade de condução do som na tíbia e no rádio, de acordo com a actividade física e considerando o nível de maturação sexual em raparigas.....	29
<b>Figura 3.</b> Modificação da velocidade de condução do som na tíbia e no rádio, de acordo com a actividade física e considerando o nível de maturação sexual em rapazes.....	30

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AFMV: actividade física moderada e vigorosa;

CMO: conteúdo mineral ósseo;

DBCU: diâmetro bicôndilo-umeral;

DBCF: diâmetro bicôndilo-femural;

DMO: densidade mineral óssea;

IMC: índice de massa corporal;

PMO: pico de massa óssea;

USQ: ultra-som quantitativo;

VS: velocidade do som.

## RESUMO

**Objectivo:** Analisar os efeitos da actividade física no desenvolvimento ósseo da tíbia e do rádio, num período de 12 meses, em crianças e adolescentes de 9 a 13 anos de ambos os sexos de acordo com os estadios de maturação sexual de Tanner.

**Métodos:** A amostra foi constituída por 213 raparigas e 217 rapazes entre 9 e 13 anos de idade. O estadio de maturação sexual foi aferido por meio de auto-avaliação das características sexuais secundárias de acordo com Tanner. A massa corporal, estatura, dobras cutâneas, diâmetro bicôndilo-umeral (DBCU) e bicôndilo-femural (DBCF) foram obtidas utilizando os procedimentos recomendados pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. A actividade física foi avaliada por acelerometria. A ingestão calórica e de cálcio foram estimados a partir de questionário. A avaliação do rádio (terço distal) e da tíbia (eixo médio) foi realizado com a ultra-sonografia quantitativa. **Resultados e Conclusão:** No período pubertal, principalmente nos estadios III e IV de Tanner as raparigas apresentaram modificações positivas no desenvolvimento ósseo da tíbia e do rádio, período onde há também uma significativa diminuição da actividade física habitual. Nos rapazes não foram observadas modificações ósseas do rádio ou da tíbia. Considerando os estadios de maturação sexual, o nível de actividade física parece não influenciar modificações no desenvolvimento ósseo da tíbia e rádio tanto nas raparigas como nos rapazes.

**PALAVRAS-CHAVES:** ultra-som quantitativo, actividade física, maturação sexual, saúde óssea, puberdade, acelerómetro, velocidade do som, crescimento, crianças, adolescente.

## ABSTRACT

**Purpose:** To analyze the effects of physical activity on bone development of the tibia and radius over a period of 12 months in children and adolescents 9-13 years of both sexes according to the stages of sexual maturation by Tanner. **Methods:** The sample comprised 213 girls and 217 boys between 9 and 13 years of age. The stage of sexual maturation was assessed through self-assessment of secondary sexual characteristics according to Tanner. Body weight, height, skinfold thickness, biecondylar-humerus and biecondylar-femur breadths were obtained using the procedures recommended by the International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Physical activity was assessed by accelerometry. Energy and calcium intake were estimated from questionnaire. The evaluation of radius (distal third) and tibia (midshaft) was performed with quantitative ultrasound. **Results and Conclusions:** During puberty, mainly in Tanner stages III and IV girls showed positive changes in the tibial and radius developing bone, a period where there is also a significant decrease in habitual physical activity. For boys there were no bone changes in the tibial or radial. Considering the stages of sexual maturation, the level of physical activity did not seem to influence the changes of tibial and radial development bone in both girls and boys.

**KEYWORDS:** quantitative ultrasound, physical activity, sexual maturation, bone health, puberty, accelerometer, speed of sound, growth, children, adolescents.





## **CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA**

### **1.1. Introdução**

A osteoporose é uma desordem esquelética sistémica caracterizada por baixa massa óssea e deterioração da micro arquitectura do tecido ósseo, comprometendo a resistência óssea, levando a uma maior fragilidade e predispondo a um aumento do risco de fracturas. Neste contexto, a actividade física pode contribuir no processo de ganho e manutenção da massa óssea, sendo fundamental no campo da prevenção da osteoporose. Durante a infância e adolescência a actividade física é um factor determinante da saúde óssea, pois está relacionada com o aumento do conteúdo mineral ósseo e um maior pico de massa óssea. A acumulação de massa óssea durante estes anos de crescimento é importante na prevenção da osteoporose na vida adulta, pois a quantidade óssea em qualquer momento da vida dependerá da quantidade de osso adquirido até à idade do pico de massa óssea (PMO) e da taxa de perda óssea após esse período. Portanto a mineralização óssea que ocorre durante a fase de crescimento poderá reduzir no futuro o risco do indivíduo sofrer de doenças e fracturas ósseas (Falk et al., 2003; Dionyssiotis et al., 2010; Geraldes, 2003; Christoforidis et al., 2009).

No entanto, devido à escassez de estudos, torna-se difícil estabelecer conclusões sobre em qual ou quais períodos do crescimento a actividade física pode conduzir a maiores adaptações osteotróficas.

## **1.2. Definição do Problema**

Os períodos pré e peri-pubertario constituem uma oportunidade em termos de intervenção não só para a maximização do pico de massa óssea, como para a alteração da geometria do esqueleto, características importantes de que depende a resistência óssea à fractura. A actividade física pode potenciar a formação óssea de um modo sinérgico na presença da hormona de crescimento (anos pré-pubertais) ou dos esféroídes sexuais (anos peripubertais).

Assim, a proposta desse estudo consiste na análise dos efeitos da actividade física no desenvolvimento ósseo da tíbia e do rádio, num período de 12 meses, em crianças e adolescentes de 9 a 13 anos de ambos os sexos de acordo com os estadios de maturação sexual de Tanner.

## **1.3. Âmbito do Estudo**

O ultra-som quantitativo (USQ) tem sido reportado como um instrumento válido de avaliação da saúde óssea em diferentes faixas etárias (Falk et al., 2008). Trata-se de um equipamento livre de radiação ionizante, de fácil transporte e com um nível de exigência técnico não muito elevado quando comparado com outros equipamentos como a absorciometria de raio-x de dupla energia (DXA) e a tomografia computadorizada (Prais et al., 2008). A ultra-sonografia óssea é um método não invasivo que possui um baixo coeficiente de variação (Falk et al., 2000; Matos e Carneiro, 2006; Christoforidis et al., 2009). São todavia escassos, os estudos que analisaram a influência da actividade física habitual na velocidade de condução do som da tíbia e do rádio.

#### **1.4. Pressupostos**

De acordo com resultados obtidos noutros estudos, pressupõe-se que a velocidade de condução do som da tibia e do rádio avaliado por ultrasonografia constituam medidas indicadoras da saúde óssea de crianças e adolescentes de ambos os sexos, onde se inclui o grau de mineralização destas regiões ósseas. Parte-se também do princípio que a actividade física habitual avaliada por acelerometria traduz a história ou passado do nível de actividade física dos participantes.

#### **1.5. Limitações**

A variável actividade física foi subdividida em três outras variáveis de acordo com a intensidade, nomeadamente a actividade sedentária, a actividade física leve e actividade física de intensidade moderada e vigorosa porém, não foram consideradas informações relevantes para a saúde óssea como o passado desportivo, nomeadamente o tipo de desporto/exercício físico realizado, anos de prática e carga semanal de treino. A dificuldade de medição da velocidade do som ósseo por motivos técnicos, geralmente associados a excesso de peso/obesidade, contribuiu para a redução do número de indivíduos da amostra. A auto-avaliação dos participantes pode também ser considerada uma limitação desse estudo, uma vez que as crianças podem sobreavaliar ou subavaliar seu nível de maturação sexual.

## **1.6. Pertinência do Estudo**

Actualmente a osteoporose é considerada um problema de saúde pública mundial requerendo esforços concentrados no desenvolvimento de estratégias de identificação e de prevenção. A actividade física constitui um factor de intervenção de grande importância promovendo adaptações do esqueleto. O período pré-pubertário oferece uma oportunidade em termos de intervenção, por ser uma etapa onde a formação óssea predomina sobre a reabsorção. No entanto, o número de trabalhos que analisam o efeito da actividade física de acordo com o estadio pubertário é limitado dificultando o entendimento desta temática. Espera-se com este estudo longitudinal contribuir para o conhecimento da influência da actividade física na saúde óssea de acordo com a maturação sexual de crianças e adolescentes de ambos os sexos.

## **1.7. Definições Operacionais**

Actividade física: qualquer movimento produzido pela musculatura esquelética que resulte num aumento substancial de dispêndio energético quando comparado com o repouso (Gouveia, 2007).

Velocidade de condução do som (VS): é a velocidade de transmissão da onda sonora ao atravessar o tecido ósseo numa frequência, determinada pelo quociente entre a largura do osso avaliado e o tempo gasto pela onda sonora em atravessá-lo, expresso em metros por segundo (Castro et al., 2000).

Maturação sexual: progressão de alterações, qualitativas ou quantitativas, que conduzem o organismo de um estado indiferenciado e imaturo a um estado altamente organizado, especializado e maturo (Bogin, 1999).

Índice de massa corporal (IMC): é a razão entre o peso corporal total expresso em quilogramas de um indivíduo e a sua altura expressa em metros quadrados (Bass e tal, 1998).

Densidade mineral óssea (DMO): é o quociente entre a massa mineral de um osso dividido por sua área projectada em uma determinada direcção expressa em gramas por centímetros quadrados (Schoneau, 2002).

Conteúdo mineral ósseo (CMO): massa mineral contida em um osso inteiro, expresso em gramas (Schoneau, 2002).

Pico de massa óssea (PMO): máximo valor de conteúdo mineral acumulado no tecido ósseo ao longo da vida (Hind e Burrows, 2007).



## CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Ultra-Som Quantitativo

A osteoporose é uma desordem esquelética sistêmica caracterizada por baixa massa óssea e deterioração da micro arquitetura desse tecido, comprometendo a resistência do osso e levando a uma maior fragilidade e predispondo a um aumento do risco de fracturas. Por se tratar de um problema de saúde pública mundial, há um esforço concertado para desenvolver estratégias de identificação e prevenção da doença. As estratégias de prevenção e tratamento da osteoporose são de natureza farmacológica (medicamentos anti-reabsortivos ou de promoção da formação óssea), nutricional (vitamina D e cálcio) e mecânica (exercício físico muscular localizado ou com impacto) (Santos e Petroski, 2008; Falk et al., 2000).

Actualmente o equipamento utilizado para a avaliação da densidade mineral óssea (DMO) e diagnóstico da osteoporose é a absorciometria de raio-x de dupla energia (DXA). Consiste num equipamento que ainda não é capaz de corrigir a DMO avaliada (densidade areal) para o tamanho real dos ossos (densidade volumétrica), limitando em alguma medida a sua utilização em crianças e adolescentes em permanente crescimento. Outro equipamento geralmente utilizado no âmbito da avaliação da mineralização óssea é a tomografia computadorizada quantitativa (QCT), que quantifica a quantidade de mineral no osso, distinguindo igualmente o compartimento ósseo cortical do compartimento ósseo trabecular expondo no entanto o indivíduo a uma considerável radiação, não sendo por isso apropriada à população pediátrica em geral (Prais et al., 2008; Christoforidis et al., 2009).

O ultra-som quantitativo (USQ) constitui uma abordagem alternativa para a



avaliação da saúde óssea. Trata-se de um equipamento que começou a ser utilizado nos anos 90 para rastreio de osteoporose e prevenção do risco de fractura óssea. Consiste num método não invasivo, rápido, com boa reprodutibilidade (0,2 - 0,6%), sensível às taxas de modificação da estrutura óssea, permitindo avaliar as alterações do tecido ósseo (Santos e Petroski, 2008; Falk et al., 2000; Matos et al., 2006; Christoforidis et al., 2009).

O ultra-som avalia as propriedades do osso através da velocidade do som (VS), que é transmitida axialmente ao longo do eixo dos ossos longos através do tecido ósseo cortical e trabecular e depende da variação da densidade mineral, da microestrutura e da elasticidade do osso (Matos et al., 2006; Rautava et al., 2006; Prais et al., 2008).

Destaca-se ainda por ser uma técnica segura, sem radiação e com baixo custo (Santos e Petroski, 2008).

Assim, o USQ tem sido considerado um instrumento válido na avaliação de condições de saúde como a osteoporose, através da avaliação de diversas regiões do esqueleto e em diferentes faixas etárias (Falk et al., 2008).

## **2.2. Saúde óssea avaliada pelo USQ e actividade física**

Durante a infância e adolescência a actividade física é uma importante aliada da saúde óssea, pois está relacionada com aumento do conteúdo mineral ósseo (CMO) e um maior pico de massa óssea (PMO). Aproximadamente 85 a 90% do PMO é alcançado por volta dos 18 anos de idade. Essa grande acumulação de massa óssea durante esse período pode ser um factor importante na protecção contra a osteoporose na vida adulta, pois a quantidade de osso em qualquer

momento da vida dependerá da quantidade de osso adquirido até o PMO e da taxa de perda óssea depois desse período. Portanto a aquisição de mineral ósseo durante o crescimento poderá reduzir o risco futuro de osteoporose e fracturas ósseas (Falk et al., 2003; NIH, 2001; Dionyssiotis, 2010; Geraldes, 2003; Cunha et al., 2008; Christoforidis, 2009).

Estudos recentes demonstraram que a actividade física antes e durante a puberdade proporciona efeitos favoráveis no processo de mineralização e de aumento da área de secção transversal dos ossos. Efeitos positivos de exercícios aeróbios de alto impacto ou de exercícios musculares localizados foram observados através da avaliação com ultra-som em crianças pré-púberes (Mackelvie et al., 2001; Rautava et al., 2006).

Guglielmi et al. (2009) evidencia a importância do USQ na avaliação do mineral ósseo e do risco de fractura, porém dependendo do local ósseo avaliado. O USQ pode ser aplicado à população adulta de ambos os sexos e também nas crianças recém-nascidas e bebés prematuros.

Com o objectivo de avaliar a relação entre o estado nutricional, a actividade física, e a mineralização óssea aferida pelo USQ em crianças de 6-17 anos, Paris et al. (2008) relata diferenças significativas na velocidade de condução do som do rádio e tíbia entre os grupos de baixa e elevada ingestão de cálcio. Uma diferença semelhante foi encontrada entre o grupo com baixo nível de actividade física diária comparativamente ao grupo com actividade física orientada na escola. Portanto neste estudo, uma associação positiva foi encontrada entre a ingestão de cálcio ou a actividade física e a saúde óssea, avaliada pela técnica ultra-sónica.

Cvijetic (2003) realizou medidas de ultra-som ósseo em crianças croatas e analisou a sua relação com a puberdade, a antropometria, a nutrição e a actividade

física. Um total de 501 crianças e adolescente foram avaliados e os resultados evidenciaram que os rapazes adolescentes apresentaram valores de condução do som superiores que as raparigas adolescentes.

Dionyssiotis et al. (2010) ao analisar mulheres no período pré e pós-menopausa, encontra a mesma associação positiva entre a actividade física e a ingestão de cálcio com parâmetros ósseos avaliado pelo USQ, concluindo que a actividade física sistemática coadjuvada por uma ingestão de cálcio adequada pode beneficiar a saúde óssea desta população.

Falk et al. (2004) observa também por meio de ultra-som, valores superiores de massa óssea da tíbia mas não do rádio de nadadoras, quando comparadas a um grupo de controlo.

### **2.3. Maturação sexual e saúde óssea**

A maturação é caracterizada por um processo evolutivo do indivíduo, definida como o conjunto de mudanças biológicas que ocorrem de forma sequencial e ordenada, que levam o indivíduo a atingir o estado adulto (maduro) ou completamente desenvolvido. As ideias subjacentes a esse conceito podem ser divididas da seguinte forma: (1) processo dinâmico direccionado para um alvo; (2) processo de organização celular que requer especialização e diferenciação; (3) processo limitado no tempo e comum a todos os indivíduos e (4) processo regulado por característica genética e de envolvimento. Estes processos podem variar no seu ritmo e grau entre os indivíduos, independente de sua raça, sexo ou meio em que vivem. Desta forma, algumas crianças podem apresentar velocidade de maturação mais acelerada (precoces) ou mais lenta (tardia), porém a ordem sequencial é sempre

a mesma. Assim, dois indivíduos morfologicamente semelhantes podem ter idades cronológicas diferentes ou, ao contrário, dois indivíduos com a mesma idade podem estar em fases de crescimento diferentes (Mirwald et al., 2002; Gouveia, 2007; Martin et al., 2001; Vieira et al., 2006; Malina et al., 2004).

O processo de maturação sexual inicia-se no período fetal, com a diferenciação das gonadas, porém é durante a adolescência que atinge a sua maturação final. As transformações ocorridas no sistema reprodutivo durante o período da adolescência, resultantes da activação do eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal, ocorrendo antes de se verificar qualquer alteração física externa visível que indique o seu início. Em ambos os sexos verificam-se alterações do sistema nervoso na mesma idade relativa, correspondente a 3 anos que antecede o pico de velocidade em altura (PVA). Nas raparigas, a partir dos 7-8 anos já pode ser detectado o aumento das primeiras hormonas sexuais, as quais só são permitidas identificar cerca de um ano mais tarde nos rapazes. Indicadores maturacionais podem ser verificados através da concentração sanguínea das hormonas gonadais, porém esse diagnóstico é realizado essencialmente pela observação da idade a partir da qual é possível identificar padrões de desenvolvimento das características sexuais secundárias, pois é nesse período em que se manifestam as alterações hormonais dos ovários nas raparigas e testículos nos rapazes (Vieira et al., 2006).

Com a adolescência ocorrem grandes modificações biológicas tanto em relação ao crescimento como à maturação, promovendo mudanças no aspecto físico e desempenho motor do indivíduo. Durante essa fase ocorrem, entre outros, dois fenómenos biológicos extremamente relevantes: os estirões de crescimento em estatura e peso, e a maturação sexual do adolescente. A influência da maturação biológica pode ser observada em diversos aspectos, tais como nos ossos longos,

vértebras, coração, pulmões, vísceras massa muscular e no desempenho motor de cada indivíduo. Durante a puberdade a variabilidade nas características físicas entre indivíduos de uma mesma idade cronológica é grande, consequentemente, a utilização apenas da idade cronológica é insuficiente para determinar o estágio maturacional do adolescente (Martin et al., 2001).

Assim o estatuto de maturação biológica alcançado por um indivíduo pode ser aferido de várias formas, como a avaliação da idade óssea, maturação sexual através das características sexuais secundárias, maturação somática (idade no pico de velocidade de crescimento em altura e percentagem de estatura adulta alcançada) e da maturação dentária (mineralização dos dentes e aparecimento ou emergência dos dentes transitórios e dos dentes definitivos) (Gouveia, 2007).

Embora a metodologia existente forneça o mecanismo necessário para avaliar a maturação, há limitações consideráveis nas diversas técnicas. A avaliação da idade esquelética é considerada o padrão ouro para o índice de maturação, porém tem um alto custo e requer equipamento e interpretação especializado, além de incorrer em questões de segurança devido a radiação. A avaliação da idade morfológica, apesar de ampla técnica de medição, é pouco fiável, pois indivíduos morfológicamente semelhantes podem ter idades cronológicas diferentes. A idade dental não pode ser usada como indicador de maturidade biológica em virtude da grande exposição a alterações ambientais, nutricionais e raciais. Avaliação das características sexuais secundárias pode ser considerada intrusiva pessoalmente pelas crianças, adolescentes e seus pais, tornando delicada a aplicação. Para evitar esses constrangimentos, a auto-avaliação pressupõe uma prévia explicação, com o máximo de detalhes e com uma linguagem acessível ao adolescente, os objectivos do exame e os critérios de classificação dos diferentes estadios de maturação sexual

mediante a apresentação de esquemas e/ou fotografias acompanhadas de uma descrição e sanar todas as dúvidas que os jovens e/ou pais possam vir a ter (Vieira et al., 2006; Bogin, 1999).

Evidencias sugerem que o esqueleto pode ter uma melhor resposta a actividade física durante o periodo pré-pubere pois durante esse periodo o exercicio é um forte estimulante para a secreção de hormona do crescimento, além disso, associado com as hormônias sexuais, pode ter um efeito anabólico sobre a DMO no periodo pré-pubertal (Bass et al., 1998).

Com o objectivos de determinar se o exercício físico durante os anos pré-púberes é oportuno para aumentar a mineralização óssea e se os resultados obtidos durante esse tempo são mantidos na vida adulta, Bass et al. (1998) avaliou ginastas e ex-ginastas de alta-competição do sexo feminino e comparou os resultados ósseos com os do grupo de controlo emparelhado por idade, estatura e massa corporal. Os autores reportaram que o exercício físico durante os anos pré-púberes é oportuno para aumentar a DMO e que os resultados parecem ser mantidos na vida adulta.

Lehtonen-Veromaa et al. (2000) no seu estudo transversal analisou a influência de dois tipos de actividade física com suporte activo do peso corporal no crescimento de raparigas peripubertais. A amostra contou com 184 raparigas saudáveis caucasianas divididas em 65 ginastas, 63 corredoras (sem especificação da modalidade) e 56 não atletas para controlo. Utilizando o USQ do calcaneo e o DXA para aferir a DMO, chegou a conclusão que há influência benéfica do exercício físico sobre a mineralização óssea em raparigas peripubertais.

Christoforidis et al. (2009) analisou 1549 indivíduos saudáveis de ambos os sexos com média de idade de  $11,41 \pm 3,52$  anos, com o objectivo de estabelecer valores de referência para as medidas de USQ do rádio e da tíbia na população

pediátrica grega saudável. Os resultados mostraram que com o aumento da idade cronológica e avançar da puberdade, houve um aumento gradual dos valores absolutos da velocidade do som no rádio e tíbia em ambos os sexos. Observaram ainda que ocorreu um aumento significativo nos valores da VS do rádio e da tíbia em raparigas com mais de 13 anos em comparação com rapazes da mesma idade. Os indivíduos que gastaram mais de 3 horas diárias com ecrãs demonstraram valores mais baixos de VS no rádio e na tíbia, porém não constatarem nenhuma correlação entre a VS e o relato de actividade física diária.





## **CAPÍTULO III – METODOLOGIA**

### **3.1. Amostra**

Quatrocentas e cinquenta e quatro crianças saudáveis entre 9 e 13 anos foram recrutados a partir de 17 turmas escolares do quarto ao sétimo ano de escolaridade (duas turmas do quarto ano e cinco turmas de cada ano nos anos escolares subsequentes). Os sujeitos foram divididos em quatro grupos de acordo com os estadios propostos por Tanner (1962), designadamente o estadio 1,2,3 e 4. Por motivos técnicos, nomeadamente dificuldades de medição da VS óssea devido à espessura dos tecidos moles, apenas quatrocentos e trinta crianças (213 raparigas e 217 rapazes) foram inclusos no estudo. Setenta e oito participantes relataram história de fractura óssea (43 nos membros superiores, 24 nos membros inferiores e 11 em outras regiões). Nenhum dos indivíduos fazia uso de medicação que poderia afectar a qualidade óssea. Antes da inclusão no estudo, os objectivos e os procedimentos foram explicados aos pais dos alunos e consentimento informado foi obtido. Todos os participantes foram avaliados em dois momentos, nomeadamente, no início do estudo e após 12 meses de observação.

### **3.2. Idade Óssea**

A idade óssea foi determinada através de um exame radiológico à mão e punho esquerdo, utilizando para esse efeito um aparelho de RX portátil, Ascot modelo 110. A idade óssea foi determinada com recurso ao método de Tanner-Withehouse (TW3) (Tanner et al., 2001).

### 3.3. Maturação Sexual

A maturação sexual foi aferida por meio de auto-avaliação das características sexuais secundárias de acordo com Tanner, utilizando o método de estádios de desenvolvimento. As crianças e adolescentes receberam um esquema contendo referências normativas com fotos do desenvolvimento genital e pilosidade púbica para os rapazes e desenvolvimento mamário e pilosidade púbica para as raparigas. Após explicações prévias com o máximo de detalhes, as crianças e adolescentes foram orientadas a assinalar com um X o estádio de desenvolvimento em que mais se aproximavam. Todo o procedimento foi realizado individualmente para evitar constrangimentos aos participantes.

Os grupos foram definidos de acordo com as características sexuais da seguinte forma:

#### Masculinas

- (1) Ausência de pêlos púbicos e de alteração de voz
- (2) Existência de pêlos púbicos sem alteração de voz
- (3) Existência de pêlos púbicos e de alteração de voz há menos de 2 anos
- (4) Existência de pêlos púbicos e de alteração de voz entre 2 - 3 anos
- (5) Existência de pêlos púbicos e de alteração de voz há mais de 3 anos

#### Feminino

- (1) Ausência de pêlos púbicos e desenvolvimento da mama
- (2) Ausência de pêlos e existência de desenvolvimento mamário sem menarca
- (2) Existência de pêlos e ausência de desenvolvimento mamário sem menarca
- (3) Existência de pêlos púbicos e desenvolvimento da mama mas sem menarca

- (4) Existência de pêlos púbicos e desenvolvimento da mama, com menarca entre 0 - 3 anos
- (5) Mais de 3 anos após a ocorrência da menarca

### 3.4. Medidas Lineares e Composição Corporal

A massa corporal, estatura, dobras cutâneas, diâmetro bicôndilo-umeral (DBCU) e bicôndilo-femural (DBCF) foram obtidas utilizando os procedimentos recomendados pela International Society for the Advancement of Kinanthropometry (Marfell-Jones et al., 2006). A massa gorda foi estimada através das equações de Slaughter [Rapazes - %MG =  $0.735 \cdot (S \text{ Pregas: Tricipital} + \text{Geminal}) + 1.0$  / Raparigas - %MG =  $0.546(\text{Tricipital} + \text{Subescapular}) + 9.7$  se  $\text{Tricipital} + \text{Subescapular} > 35 \text{ mm}$  %MG =  $1.33(\text{Tricipital} + \text{Subescapular}) - 0.013(\text{Tricipital} + \text{Subescapular})^2 - 2.5$  se  $\text{Tricipital} + \text{Subescapular} < 35 \text{ mm}$ ] e Lohman [Rapazes e Raparigas %MG =  $1.35(\text{Tricipital} + \text{Subescapular}) - 0.012(\text{Tricipital} + \text{Subescapular})^2 - 1$ ] (Slaughter et al., 1988; Lohman, 1986). A percentagem de gordura corporal foi obtida através das médias das estimativas obtidas por cada uma das equações.

### 3.5. Actividade Física

A actividade física foi avaliada por acelerometria (Actigraph, modelo GT1M, Fort Walton Beach, Flórida), durante sete dias. Foi aferido o número de minutos em que a criança ficava envolvida em actividades de diferentes intensidades e a intensidade média de actividade física (contagens/min/dia). Foram utilizados os valores de corte de 100 e 1952 contagens/min para separar a actividade física

sedentária, da actividade leve, moderada e vigorosa (Trost et al., 2002). Os dados foram registados em períodos de 15 segundos.

### **3.6. Ingestão Calórica e Cálcio**

A ingestão calórica e de cálcio foi calculada a partir de um questionário semi-quantitativo de frequência alimentar, que avalia a ingestão regular de um vasto conjunto de comidas típicas Portuguesas a partir da frequência do consumo e do tamanho das porções consumidas. Para o efeito foi usando o software Food Processor SQL (ESHA Research, Salem OR). Este questionário foi previamente validado (Lopes et al., 2007).

### **3.7. Velocidade do Som**

A avaliação da velocidade de condução do som do rádio (terço distal) e da tibia (eixo médio) foi realizada com a ultra-sonografia quantitativa (Sunlight Omnisense TM, BeamMed Ltd, Israel), no lado não dominante. Em caso de histórico de fracturas ósseas nos locais a serem avaliados, a mesma era realizada no lado dominante. A calibração do equipamento foi feita em cada dia de avaliação de acordo com as especificações do fabricante. Erros de precisão foram estimados a partir de 2 medições em 14 indivíduos. Os coeficientes de variação da velocidade do som no rádio e tibia foram de 0,3% e 0,4%, respectivamente.

### 3.8. Análise Estatística

A comparação das características iniciais dos participantes agrupados por estadio de maturação sexual, nomeadamente, a idade (cronológica e óssea), a composição corporal (massa corporal, IMC e massa gorda), o crescimento (estatura e diâmetros ósseos), a velocidade do som (tíbia e rádio), a actividade física (sedentária, leve, moderada e vigorosa) e a dieta, foi realizada através da análise da variância e do teste post-hoc de Bonferroni, em caso de ocorrência de diferenças. O mesmo procedimento foi utilizado para analisar as taxas de modificação da velocidade de condução do som do rádio e da tíbia ao longo de 12 meses de observação, tendo em consideração os estadios pubertários e o nível de actividade física (suficiente vs. insuficiente). As taxas de modificação foram calculadas como o  $[(\text{valor final} - \text{valor inicial}) / \text{valor inicial}] * 100$ . Considerou-se com nível de actividade física insuficiente os participantes com uma actividade física de intensidade moderada inferior a 60 minutos por dia. Todas as análises foram realizadas separadamente para rapazes e raparigas. Os dados foram analisados com o SPSS para Windows (versão 18,0). O nível de significância foi fixado em  $P < 0,05$ .



## **CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

### **4.1 Introdução**

Neste capítulo apresentam-se e descrevem-se os resultados obtidos, nomeadamente a caracterização da amostra relativamente à idade, variáveis antropométricas, medidas lineares, ultra-som, dieta e actividade física. É ainda apresentada a taxa de modificação do som, expresso em percentagem ao longo de 12 meses na tibia e no rádio de raparigas e rapazes de acordo com o estadio de maturação sexual. Por fim são descritas as modificações da velocidade de condução do som do rádio e da tibia de acordo com a actividade física e o nível de maturação sexual em ambos os sexos.

### **4.2 Caracterização da Amostra**

Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se as características da amostra separadas para raparigas e rapazes em relação à idade (cronológica e óssea), composição corporal (massa corporal, IMC e massa gorda), medidas lineares (estatura e diâmetros biepicondilar), ultra-som (tibia e rádio), actividade física (sedentária, leve, moderada e vigorosa) e dieta.

Nas raparigas considerando o nível de maturação sexual, os valores de idades (cronológica e óssea) e estatura apresentam diferenças significativas entre todos os grupos (Tabela 1). Nas variáveis de composição corporal, verifica-se um aumento gradual da massa corporal, IMC e massa gorda de acordo com a

maturação sexual sendo que para a massa corporal não houve diferença entre os grupos I e II. Para o IMC, ocorreram diferenças entre os grupos I,II com III,IV e para massa gorda não se verificou diferenças com o grupo II. Referente ao diâmetro bicôndilo-umeral e diâmetro bicôndilo-femural observou-se um aumento de acordo com a maturação. Relativamente à actividade física, constatou-se que com o avançar da maturação sexual, ocorreu um aumento da inactividade física, elevando-se assim significativamente o tempo em actividades físicas consideradas sedentárias e diminuindo os períodos de actividade física leve, moderada, vigorosa e total. Nas raparigas não foram observadas diferenças significativas nas variáveis ultra-sónicas e na dieta.

Nos rapazes, semelhante ao que ocorreu com as raparigas, foram observadas diferenças entre os grupos no que respeita à idade (cronológica e óssea), à estatura e à actividade física (Tabela 2). Foram no entanto observadas diferenças na velocidade do som no rádio e no diâmetro bicôndilo-umeral. Nas demais variáveis aferidas nos rapazes, não foram encontradas diferenças.



**Tabela 1.** Caracterização da amostra: Idade, composição corporal, diâmetro ósseo, ultra-som, dieta e actividade física – Raparigas

	Grupo I			Grupo II			Grupo III			Grupo IV			P	Post-hoc
	n			n			n			n				
Idade cronológica (anos)	6	9,8	± 0,8	48	10,8	± 0,9	78	11,3	± 0,8	41	12,5	± 0,5	< 0,001	I<II<III<IV
Idade óssea (anos)	6	8,1	± 1,0	47	10,7	± 0,9	78	11,5	± 1,1	41	13,5	± 1,2	< 0,001	I<II<III<IV
Peso (Kg)	6	25,5	± 2,7	48	34,5	± 8,5	78	41,2	± 9,2	41	47,9	± 6,5	< 0,001	I,II<III<IV
Estatura (cm)	6	133,5	± 5,6	48	144	± 7,7	78	149,5	± 7,6	41	159,1	± 6,3	< 0,001	I<II<III<IV
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	6	14,3	± 0,8	48	16,4	± 3,0	78	18,3	± 3,1	41	18,9	± 2,0	< 0,001	I,II<III,IV
Massa gorda (%)	6	13,1	± 2,4	48	18,4	± 6,4	78	20,6	± 6,2	41	20,5	± 5,7	0,009	I<III<IV
DBCU (cm)	6	5,0	± 0,3	48	5,6	± 0,6	78	5,7	± 0,5	41	5,9	± 0,3	< 0,001	I<II<IV ; I<III
DBCF (cm)	6	7,6	± 0,2	48	8,2	± 0,6	77	8,4	± 0,5	41	8,7	± 0,4	< 0,001	I<II,III<IV
Rádio (m/s)	6	3689	± 34	43	3705	± 71	69	3711	± 100	37	3712	± 97	0,926	--
Tíbia (m/s)	5	3597	± 117	42	3616	± 118	69	3629	± 116	39	3583	± 131	0,306	--
Consumo energético (Kcal/d)	4	2214	± 1006	41	1922	± 717	72	2272	± 903	35	2255	± 928	0,199	--
Consumo cálcio (mg/d)	6	1149	± 614	37	1422	± 883	71	1466	± 950	35	1614	± 904	0,636	--
Sedentário ( min/d)	6	947	± 82	47	1005	± 73	76	1038	± 84	40	1085	± 76	< 0,001	I<III<IV ; II<IV
Activ. Fís. Leve (min/d)	6	323	± 51	47	316	± 40	76	300	± 51	40	271	± 56	< 0,001	IV<II,III
Activ. Fís. Mod/Vig (min/d)	6	46	± 26	47	47	± 19	76	40	± 17	40	34	± 22	0,011	IV<II
Activ. Fís. Total (counts/min)	6	428	± 114	47	413	± 104	76	370	± 96	40	303	± 110	< 0,001	IV<I,II,III

IMC: Índice de massa corporal; DBCU: Diâmetro bicôndilo-umeral; DBCF: Diâmetro bicôndilo-femural.

**Tabela 2.** Caracterização da amostra: Idade, composição corporal, diâmetro ósseo, ultra-som, dieta e actividade física – Rapazes

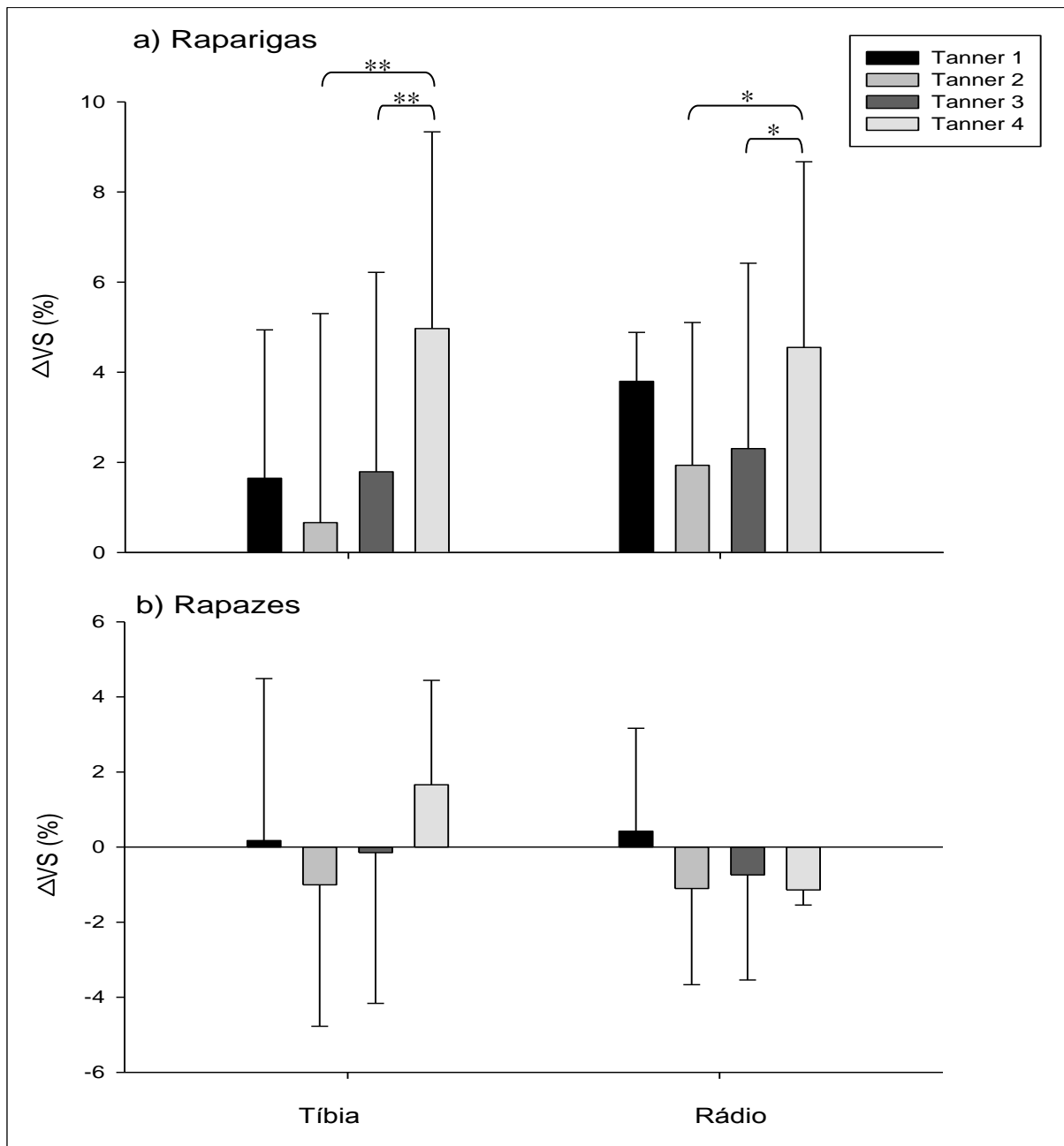
	Grupo I			Grupo II			Grupo III			Grupo IV			P	Post-hoc
	n			n			n			n				
Idade cronológica (anos)	11	10,6	±0,6	17	11,2	±1,0	116	11,7	±1,1	3	12,7	±0,2	0,002	I<III<IV
Idade óssea (anos)	11	9,5	±0,8	18	11,0	±1,4	120	11,2	±1,7	3	12,6	±0,6	0,005	I<III<IV
Peso (Kg)	11	33,8	±6,0	18	38,1	±10,1	120	42,0	±11,6	3	45,0	±6,1	0,072	--
Estatuta (cm)	11	142,5	±4,5	18	145,9	±9,3	120	150,0	±11,0	3	162,0	±0,0	0,010	I<II<IV
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	11	16,6	±2,5	18	17,7	±3,1	120	18,4	±3,8	3	17,1	±2,3	0,360	--
Massa gorda (%)	11	19,4	±5,5	18	18,1	±4,8	120	19,3	±5,9	3	15,7	±2,2	0,614	--
DBCU (cm)	11	5,6	±0,2	18	5,7	±0,4	119	6,0	±0,6	3	11,8	±9,7	<0,001	I,II,III<IV
DBCF (cm)	11	8,5	±0,4	18	8,6	±0,7	118	8,8	±0,7	3	9,1	±0,1	0,243	--
Rádio (m/s)	11	3761	±17	18	3793	±47	120	3799	±39	3	3778	±35	0,019	I<III
Tíbia (m/s)	11	3621	±111	18	3647	±80	111	3655	±104	3	3680	±146	0,717	--
Consumo energético (Kcal/d)	11	2590	±850	13	2066	±901	104	2546	±1282	3	2577	±912	0,796	--
Consumo cálcio (mg/d)	8	1141	±589	17	1131	±328	98	1275	±661	3	989	±360	0,676	--
Sedentário (min/d)	10	948	±68	16	927	±107	114	944	±108	3	1038	±63	0,412	--
Activ.Fís. Leve (min/d)	10	311	±53	16	314	±38	114	320	±50	3	342	±36	0,766	--
Activ. Fís. Mod/Vig (min/d)	10	72	±28	16	62	±26	114	65	±24	3	34	±9	0,109	--
Activ. Fís. Total (counts/min)	10	519	±125	16	481	±130	114	493	±116	3	369	±31	0,273	--

IMC: Índice de massa corporal; DBCU: Diâmetro bicôndilo-umeral; DBCF: Diâmetro bicôndilo-femural.

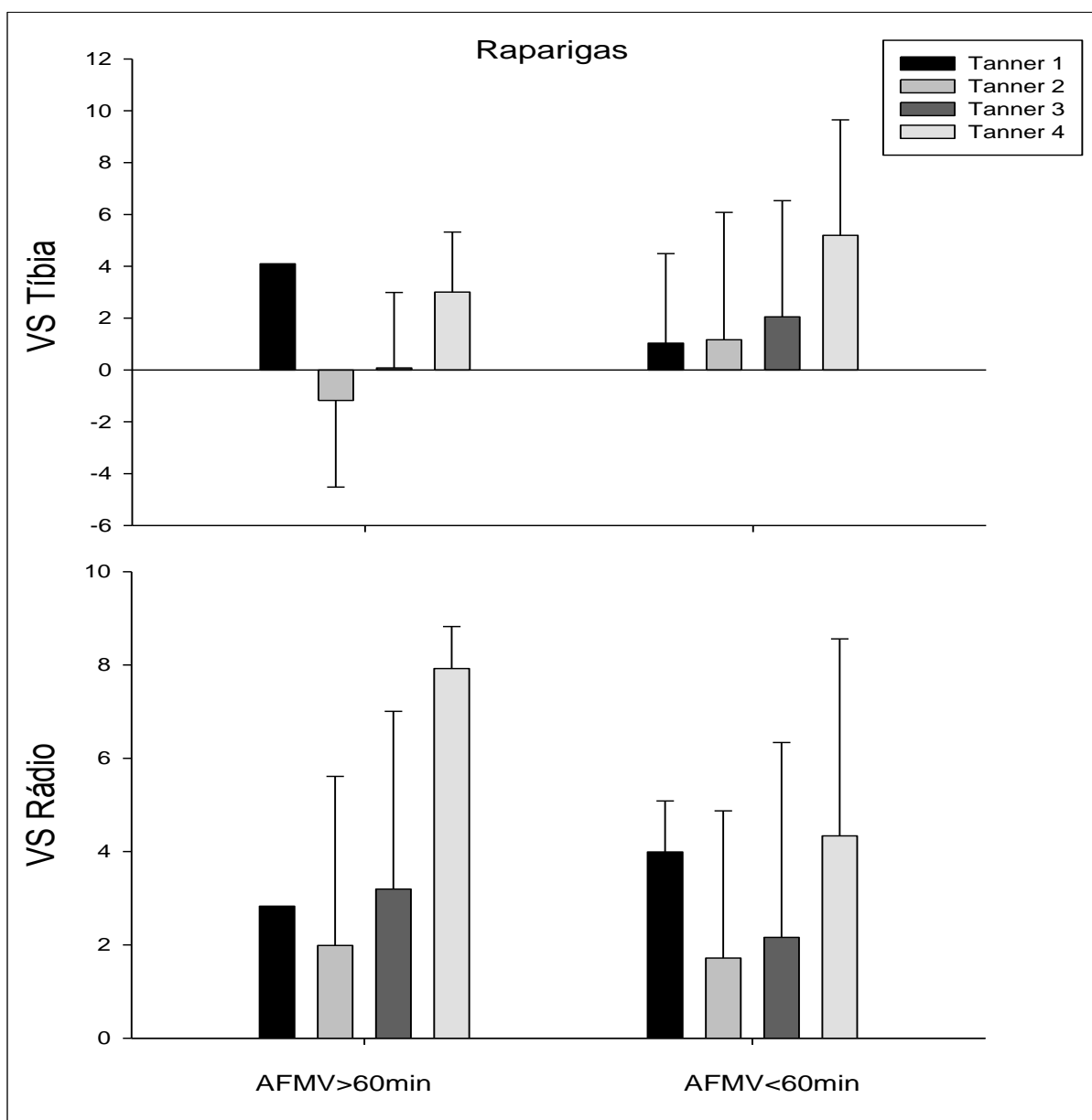
### **4.3 Modificações do som de acordo com o nível de actividade física e maturação sexual**

Na figura 1 está representado a taxa de modificação em percentagem da velocidade do som na tíbia e no rádio de ambos os sexos de acordo com nível de maturação sexual num período de 12 meses. Verificaram-se modificações significativas da velocidade do som nas raparigas nos estadios 3 e 4. O mesmo não foi possível visualizar em nenhum estadio nos rapazes.

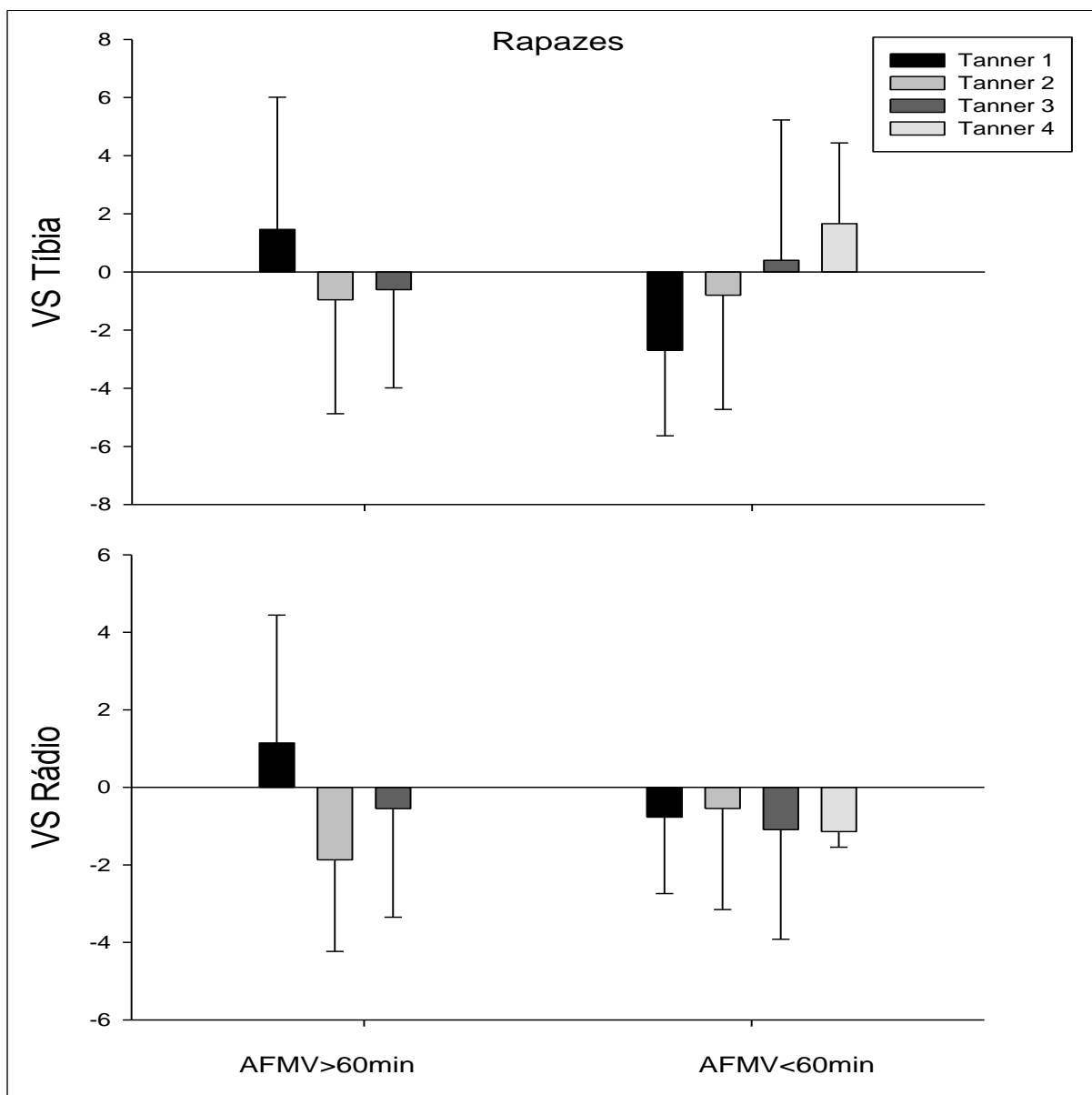
Está exposto nas figuras 2 e 3, a modificação da velocidade do som no rádio e na tíbia das raparigas e rapazes de acordo com o nível de actividade física (acima ou abaixo de 60 min/dia) considerando o nível de maturação sexual. Em ambos os géneros, o nível de actividade física parece não influenciar as modificações na VS quando considerado o nível de maturação.



**Figura 1.** Taxa de modificação da velocidade de condução do som ao longo de 12 meses, expresso em percentagem, na tíbia e no rádio de raparigas (A) e rapazes (B) de acordo com o estadio de maturação sexual. VS: *Velocidade do som*; \* $p<0,05$  ; \*\* $p<0,01$



**Figura 2.** Taxa de modificação da velocidade do som de acordo com a actividade física considerando o nível de maturação sexual em raparigas. VS: *Velocidade do som*.



**Figura 3.** Taxa de modificação da velocidade do som de acordo com a actividade física considerando o nível de maturação sexual em rapazes. VS: *Velocidade do som*.



## CAPÍTULO V – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este estudo teve como objectivo analisar os efeitos da actividade física no desenvolvimento ósseo da tíbia e do rádio, num período de 12 meses, em crianças e adolescentes de 9 a 13 anos de ambos os sexos de acordo com os estadios de maturação sexual de Tanner.

Neste capítulo apresenta-se a discussão dos resultados obtidos e a comparação com os de outros estudos, objectivando a identificação e explicação das semelhanças e diferenças entre os mesmos e fazendo a interpretação do seu significado.

No período pubertal, principalmente nos estadios III e IV de Tanner as raparigas demonstraram ter uma maior VS na tíbia e no rádio, período onde há também uma significativa diminuição da actividade física para esse género. O mesmo não foi possível observar nos rapazes através da técnica estatística utilizada.

De acordo com Drenowatz (2010), geralmente os rapazes possuem maior nível de actividade física do que as raparigas durante a infância e a adolescência. Em ambos os sexos, esses níveis diminuem com a idade principalmente durante a adolescência, porém mais pronunciado nas raparigas. No entanto, segundo esse mesmo autor, as causas específicas e determinantes do declínio do nível da actividade física relativo a idade permanecem incertos. Há alguma evidência apoiando a hipótese de que alguns processos biológicos estão envolvidos na regulação da actividade física habitual, particularmente nas raparigas. Um forte apoio desse aspecto está no facto de que a actividade física diminui no momento da



maturação biológica em todas as espécies animais e no ser humano pode estar relacionado com a variação do estado maturacional entre indivíduos, que por sua vez, afecta também aspectos psico-sociais que podem vir a influenciar os níveis de actividade física.

Considerando os estadios de maturação sexual proposto por Tanner, o nível de actividade física parece não influenciar as modificações na velocidade do som da tíbia e do rádio tanto nas raparigas como nos rapazes (Tanner, 1962). Esses resultados estão de acordo com os de Christoforidis et al. (2009) que não verificaram nenhuma correlação entre a velocidade do som na tíbia e no rádio e o relato de actividade física diária. No entanto, mais pesquisas são necessárias para estabelecer as complexas inter-relações entre a actidade física e o nível de maturação biológica no desenvolvimento ósseo de crianças e de adolescentes.



## **CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES**

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que durante a puberdade, as raparigas apresentaram desenvolvimento ósseo na tíbia e no rádio superior nos estadios III e IV de Tanner comparativamente a estadios anteriores, período onde também se verificam decréscimos significativos no nível de actividade física. Nos rapazes não ocorreram modificações no desenvolvimento ósseo na tíbia e no rádio de acordo com o nível de maturação sexual durante a puberdade. Adicionalmente, o nível de actividade física aferida por acelerometria parece não influenciar o desenvolvimento ósseo tanto nas raparigas como nos rapazes quando considerado os nível de maturação sexual.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bass, S., Pearce, G., Bradney, M., Hendrich, E., Delmas, P. D., Harding, A., et al. (1998). Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res*, 13(3), 500-507.
- Bogin B. (1999). Patterns of human growth (2nd Ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Castro, C. H., Pinheiro, M. M., & Szejnfeld, V. L. (2000). [Pros and cons of the bone ultrasonography of calcaneus]. *Rev Assoc Med Bras*, 46(1), 63-69.
- Christoforidis, A., Papadopoulou, E., Dimitriadou, M., Stilpnopoulou, D., Gkogka, C., Katzos, G., et al. (2009). Reference values for quantitative ultrasonography (QUS) of radius and tibia in healthy greek pediatric population: clinical correlations. *J Clin Densitom*, 12(3), 360-368.
- Cvijetic, S., Baric, I. C., Bolanca, S., Juresa, V., & Ozegovic, D. D. (2003). Ultrasound bone measurement in children and adolescents. Correlation with nutrition, puberty, anthropometry, and physical activity. *J Clin Epidemiol*, 56(6), 591-597.
- Cunha, R., Balestra, C., Pfrimer, L.M. (2008). Osteoporose e os diferentes tipos de exercícios físicos: um estudo de revisão. *Revista Digital Buenos Aires*, 13(5), 101-119.
- Dionyssiatis, Y., Paspatis, I., Trovas, G., Galanos, A., & Lyritis, G. P. (2010). Association of physical exercise and calcium intake with bone mass measured by quantitative ultrasound. *BMC Womens Health*, 10, 12.

- Drenowatz, C., Eisenmann, J. C., Pfeiffer, K. A., Wickel, E. E., Gentile, D., & Walsh, D. (2010). Maturity-related differences in physical activity among 10- to 12-year-old girls. *Am J Hum Biol*, 22(1), 18-22.
- Falk, B., Braid, S., Moore, M., O'Leary, D., Sullivan, P., & Klentrou, P. (2008). Bone properties in overweight pre- and early-pubertal boys. *Pediatr Exerc Sci*, 20(1), 50-61.
- Falk, B., Bronshtein, Z., Zigel, L., Constantini, N., & Eliakim, A. (2004). Higher tibial quantitative ultrasound in young female swimmers. *Br J Sports Med*, 38(4), 461-465.
- Falk, B., Bronshtein, Z., Zigel, L., Constantini, N. W., & Eliakim, A. (2003). Quantitative ultrasound of the tibia and radius in prepubertal and early-pubertal female athletes. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 157(2), 139-143.
- Falk, B., Sadres, E., Constantini, N., Eliakim, A., Zigel, L., & Foldes, A. J. (2000). Quantitative ultrasound (QUS) of the tibia: a sensitive tool for the detection of bone changes in growing boys. *J Pediatr Endocrinol Metab*, 13(8), 1129-1135.
- Geraldes, A.A.R. (2003). Exercício como estratégia de prevenção e tratamento da osteoporose: Potencial e limitações. *Rev. Bras. Fis. Exer.*, 2(1). 38-43.
- Gouveia, E. (2007). Excesso de peso e obesidade na criança e no adolescente madeirense: Associação com a actividade física, aptidão, maturação biológica e estatuto sócio-económico. Funchal: Gouveia E. Dissertação de Mestrado apresentado à Universidade da Madeira.
- Guglielmi, G., Adams, J., & Link, T. M. (2009). Quantitative ultrasound in the assessment of skeletal status. *Eur Radiol*, 19(8), 1837-1848.

- Hind, K., & Burrows, M. (2007). Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: a review of controlled trials. *Bone*, 40(1), 14-27.
- Lehtonen-Veromaa, M., Mottonen, T., Nuotio, I., Heinonen, O. J., & Viikari, J. (2000). Influence of physical activity on ultrasound and dual-energy X-ray absorptiometry bone measurements in peripubertal girls: a cross-sectional study. *Calcif Tissue Int*, 66(4), 248-254.
- Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc Sport Sci Rev*, 14, 325-357.
- Lopes, C., Aro, A., Azevedo, A., Ramos, E., & Barros, H. (2007). Intake and adipose tissue composition of fatty acids and risk of myocardial infarction in a male Portuguese community sample. *J Am Diet Assoc*, 107(2), 276-286.
- Mackelvie, K. J., McKay, H. A., Khan, K. M., & Crocker, P. R. (2001). A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *J Pediatr*, 139(4), 501-508.
- Malina, R. M., Bouchard, C., Bar-Or, O. (2004). Growth, maturation and physical activity (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stuart A., Carter, L. (2006). International standards for anthropometric assessment. ISAK, Potchefstroom.
- Martin, R. H .C., Uezu, R., Parra, S. A., Arena, S. S., Bojikian, L. P. & Bohme, M. T. S. (2001). Autoavaliação da maturação sexual masculina por meio da utilização de desenhos e fotos, *Revista Paulista de Educação Física*, 15(2), 212-222.
- Matos, P. S., Pelá, C. A., Carneiro, A. A. (2006). Avaliação de Parâmetros ultrassônicos utilizados na caracterização de tecidos ósseos. Tese (Doutorado em Física Aplicada à Medicina e Biologia) - Universidade de São Paulo.

- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*, 34(4), 689-694.
- NIH (2001) Consensus Development Panel: Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA*, 285:785-795.
- Prais, D., Diamond, G., Kattan, A., Salzberg, J., & Inbar, D. (2008). The effect of calcium intake and physical activity on bone quantitative ultrasound measurements in children: a pilot study. *J Bone Miner Metab*, 26(3), 248-253.
- Rautava, E., Lehtonen-Veromaa, M., Mottonen, T., Kautiainen, H., Heinonen, O. J., & Viikari, J. (2006). Association of reduced physical activity and quantitative ultrasound measurements: a 6-year follow-up study of adolescent girls. *Calcif Tissue Int*, 79(1), 50-56.
- Santos, K. D., Petroski, E. L. (2008). Avaliação da quantidade e qualidade óssea de crianças pelo método de ultra-som qualitativo - um estudo piloto. *Revista Brasileira de Medicina*, 56, 96-99.
- Schoenau, E., Neu, C. M., Beck, B., Manz, F., & Rauch, F. (2002). Bone mineral content per muscle cross-sectional area as an index of the functional muscle-bone unit. *J Bone Miner Res*, 17(6), 1095-1101.
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Van Loan, M. D., et al. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*, 60(5), 709-723.
- Tanner, J. M. (1962) Growth at adolescence. 2nd edition, fourth printing. Blackwell Scientific Publications, Oxford.



- Tanner, J. M., Hely, J. R., Godstein, H., Cameron, N. (2001). Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 Method). W B Saunders, London.
- Trost, S. G., Pate, R. R., Sallis, J. F., Freedson, P. S., Taylor, W. C., Dowda, M., et al. (2002). Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Med Sci Sports Exerc*, 34(2), 350-355.
- Vieira, F., Fragoso, I., Barrigas, C. (2006). *Maturação*. In F. Vieira; I. Fragoso (Editores). *Morfologia e Crescimento*. 2ª Edição, revista e ampliada. Edições FMH. Lisboa.